18.合金の相分離に及ぼす磁気相互作用(臨界現象,研究会報告)

川崎, 辰夫

は橋本・八田両氏の報告，繰り込み群アプローチは鈴木氏の報告を参照。）

参　考　文　献

1) M. Suzuki, Intern. J. Magnetism **1** (1971), 123.
2) Z. Rácz, Phys. Letters **53A** (1975), 433.
3) M. E. Fisher and Z. Rácz, preprint ; Z. Rácz, Phys. Rev. **B13** (1976), 263.
4) M. Suzuki and H. Ikeda, Prog. Theor. Phys. **55** (1976), 2041.
5) Z. Rácz and M. F. Collins, Phys. Rev. **B13** (1976), 3074.
6) H. Ikeda, Prog. Theor. Phys. **55** (1976) 1298, 2027; Sci. Rep. Kanazawa Univ. **21** (1976), 19.
7) M. Suzuki, J. Stat. Phys. **14** (1976), 129, Appendix C.
8) H. Ikeda, Prog. Theor. Phys. to be published.

合金の相分離に及ぼす磁気相互作用

京大教養　川　崎　辰　夫

高温溶融状態から急冷して出来たランダム磁性体では構成原子が十分に一様，且つランダムに混り合っていなければならない。二種類以上の原子又は分子が混晶をつくるかどうかは，統計力学の問題としては，混合によるエネルギー変化と混合により増加するエントロピーとの兼ね合いによって議論できる。二元合金を平均場近似で取り扱うと，相分離（析出）が有限温度で起るかどうかは，A–B 間の結合エネルギーと A–A 間 + B–B 間の結合エネルギーの代数平均との大小により判定される。ここではこの相分離に磁気相互作用がどうきくかを問題にする。

以下次のような磁性 AB 合金をモデルとし，平均場近似の範囲内で論ずる事にする。

ハミルトニアンは,

$$H = -\frac{1}{2}\Sigma\{J_{ij}^{AA}(\frac{1}{2}+\sigma_i)(\frac{1}{2}-\sigma_j)S_i^A S_j^A + J_{ij}^{BB}(\frac{1}{2}-\sigma_i)(\frac{1}{2}-\sigma_j)S_i^B S_j^B$$

$$+ 2J_{ij}^{AB}(\frac{1}{2}+\sigma_i)(\frac{1}{2}-\sigma_j)S_i^A S_j^B - \frac{1}{2}\Sigma V_{ij}\sigma_i\sigma_j - \rho\Sigma\sigma_j$$

で与える。ここで S^λ は λ 種のスピンを表し，今簡単の為 z 成分のみをとる。σ_i は½のイジングスピンで場所 i に A 種があれば +½，B 種があれば −½ となるようにしてある。

適当な方法で自由エネルギーを計算すると，系の長距離秩序変数 M_A，M_B 及び m $(=\langle\sigma\rangle)$ を求める閉じた方程式系がそれらで自由エネルギーを微分する事により得られる。この解の安定性は各変数についての 2 階偏微分係数のつくる 3 行 3 列の行列式の正負によって判定される。

磁性原子がランダムに凍りついている場合 (原子の秩序・無秩序転移がない場合) には，濃度変数 m と磁気転移温度との間には，

$$T_c = \frac{1}{2}\{\tau_{AA}(\frac{1}{2}+m) + \tau_{BB}(\frac{1}{2}-m)\}$$

$$+ \frac{1}{2}\sqrt{\{\tau_{AA}(\frac{1}{2}+m) - \tau_{BB}(\frac{1}{2}-m)\}^2 + (1-4m^2)\tau_{AB}^2}$$

の関係がある。ただし，$\tau_{\lambda\lambda'} = z J^{\lambda\lambda'}\sqrt{S^\lambda(S^\lambda+1)S^{\lambda'}(S^{\lambda'}+1)}/3$ である。その定性的振舞は大凡図 1 のようになる。(a) は $\tau_{AB} \geq \max(\tau_{AA}, \tau_{BB})$，(b) は $\tau_{AB} \leq \min(\tau_{AA}, \tau_{BB})$ の場合である。この状態から原子の秩序転移を考えてみると，(a) の場合にはこの転移温度を下げる働きをする事が示せる。従って若し格子の結合エネルギーV が

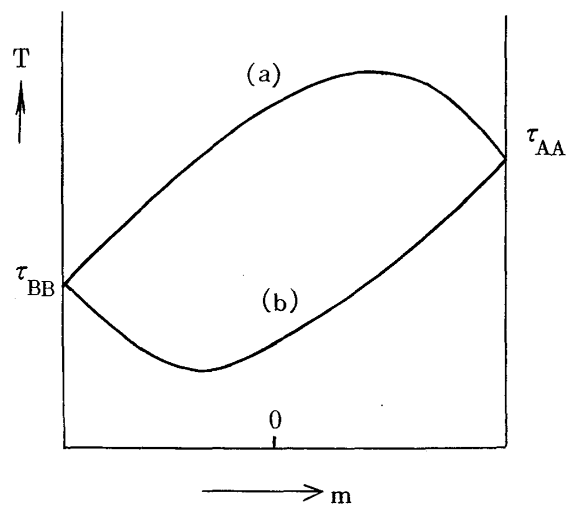

図 1

0 の時は，(a) では秩序転移は存在せず常に相は一つである。それに対し (b) の場合には秩序転移温度を高める役割を磁気相互作用が果す。即ち V＝0 の場合でも相分離が磁気転移が起った後に見られることになる。例えば希薄磁性体 (A原子 ― 磁気的，B 原子 ― 非磁気的) の場合には図 2 のような相図がたとえ V＝0 の時でも得られる。即ち希薄磁性体では磁気相互作用 (強磁性的) は常に相分離に有利に働く。

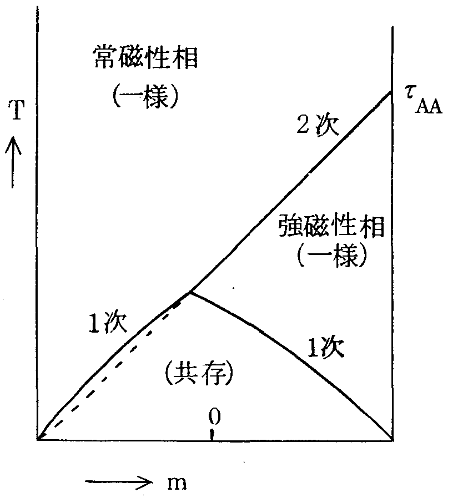

図 2

AB 磁性合金の場合には，共存相の存在条件は，

$$V+J^{AA}M_A^2-2J^{AB}M_AM_B+J^{BB}M_B^2 > 0$$

と与えられる。V が負 (合金をつくりやすい方向) であっても磁気相互作用の為に相分離が可能である事を示している。V，J が一般の場合には解くべき式の中に化学ポテンシャル ρ を含んでいる為数値的解析が必要であるが，得られるパターンは大凡そ 2 つに分けられる。(図3) ここに実線は磁気転移を与え，点線は磁気相互作用を対角要素だけ取りこんだ時の相分離曲線である。両曲線が十分離れている時は相分離曲線の形状はあまりかわらないが，両者が接近したり交叉した時の正確な形状は連立した方程式系を解かなければ求められない。相分離曲線下にある磁気転移曲線は不安定化してしまう。

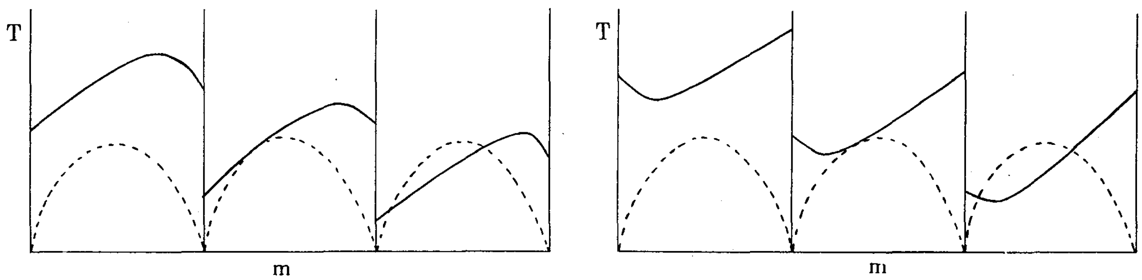

図 3